

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-314364

(43)Date of publication of application : 29.11.1996

(51)Int.Cl.

G03H 1/26

(21)Application number : 07-145477

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 19.05.1995

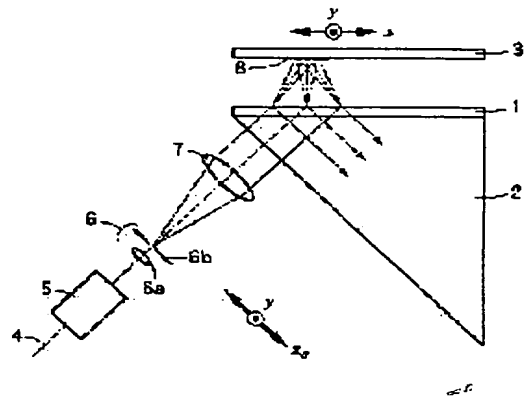
(72)Inventor : GENMA TAKASHI
GOTO AKIHIRO

(54) METHOD FOR REPRODUCING HOLOGRAPHY

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a method for reproducing holography capable of adjusting the intensity distribution of reproduced images.

CONSTITUTION: This method for reproducing the holography comprises irradiating a part of the images recorded on a hologram 1 with a reproducing beam 4, transferring the partially reproduced images of the images of the part on a resist on a wafer 3 and scanning the images formed on the hologram 1 with the reproducing beam 4 so as to cover the images, thereby transferring the reproduced images 8 of the images recorded on the hologram 1 to the resist on the wafer 3. The intensity of the reproducing beam 4 is adjusted according to a place for scanning. The scanning speed of the reproducing beam 4 is modulated according to the place for scanning.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 8 - 3 1 4 3 6 4

(43) 公開日 平成8年 (1996) 11月29日

(51) Int. Cl. ⁶

G 0 3 H 1/26

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 3 H 1/26

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 6

F D

(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-145477

(22) 出願日 平成7年 (1995) 5月19日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 玄間 隆志

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 後藤 明弘

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

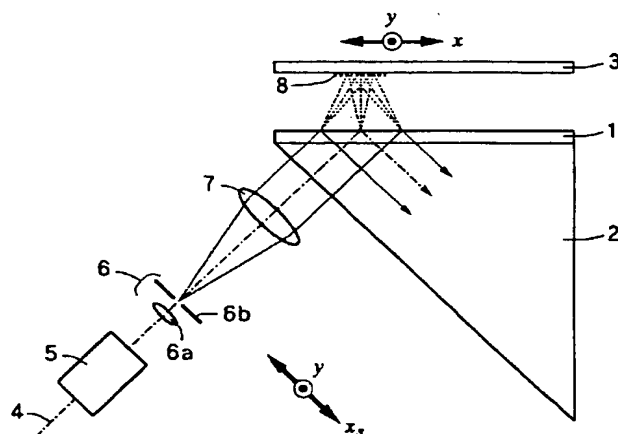
(74) 代理人 弁理士 猪熊 克彦

(54) 【発明の名称】 ホログラフィ再生方法

(57) 【要約】

【目的】 再生像の強度分布を調整することができるホログラフィ再生方法を提供する。

【構成】 ホログラム 1 に記録された画像の一部分に再生ビーム 4 を照射して該一部分の画像の部分再生像をウェハ 3 上のレジストに転写し、ホログラム 1 に記録された画像をカバーするように再生ビーム 4 を走査することによって、ホログラム 1 に記録された画像の再生像 8 をウェハ 3 上のレジストに転写するホログラフィ再生方法において、再生ビーム 4 の強度を、走査する場所に応じて変調したことを特徴とし、また、再生ビーム 4 の走査の速度を、走査する場所に応じて変調したことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ホログラムに記録された画像の一部分に再生ビームを照射して該一部分の画像の部分再生像をウエハ上のレジストに転写し、ホログラムに記録された前記画像をカバーするように前記再生ビームを走査することによって、ホログラムに記録された前記画像の再生像をウエハ上の前記レジストに転写するホログラフィ再生方法において、

前記再生ビームの強度を、走査する場所に応じて変調したことを特徴とするホログラフィ再生方法。

【請求項 2】 ホログラムに記録された画像の一部分に再生ビームを照射して該一部分の画像の部分再生像をウエハ上のレジストに転写し、ホログラムに記録された前記画像をカバーするように前記再生ビームを走査することによって、ホログラムに記録された前記画像の再生像をウエハ上の前記レジストに転写するホログラフィ再生方法において、

前記再生ビームの走査の速度を、走査する場所に応じて変調したことを特徴とするホログラフィ再生方法。

【請求項 3】 走査する場所に応じて行う前記変調は、前記再生像の積算強度分布が場所によらず一様になるように変調するものである請求項 1 又は 2 記載のホログラフィ再生方法。

【請求項 4】 走査する場所に応じて行う前記変調は、該走査する場所における前記部分再生像の線幅に応じて行うものである請求項 1 又は 2 記載のホログラフィ再生方法。

【請求項 5】 前記画像を記録した前記ホログラムに、予め再生強度測定用パターンを更に記録し、該再生強度測定用パターンの再生像の強度分布に基づいて、前記変調を行う請求項 1、2、3 又は 4 記載のホログラフィ再生方法。

【請求項 6】 前記画像を前記ホログラムに記録したときの条件と同一の条件のもとで、前記ホログラムとは別のホログラムに再生強度測定用パターンを記録し、該再生強度測定用パターンの再生像の強度分布に基づいて、前記変調を行う請求項 1、2、3 又は 4 記載のホログラフィ再生方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、画像メモリー、リソグラフィなどの 2 次元画像をホログラムに記録し、記録された 2 次元画像を半導体ウエハなどの被記録部材に再生する方法に関し、主としてホログラフィ再生方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 2 次元画像を高い分解能で記録、再生する方法として、全反射ホログラフィが知られている。全反射ホログラフィでは、画像の描かれたマスクをホログラムの近傍に配置することができる。このため、大きな

面積の画像を全面にわたって高い解像度で記録、再生することができる。従来、全反射ホログラフィは、以下の方法で記録されていた。レーザ光源から出射した光はハーフミラーでマスク照射光と参照光に分割される。マスク照射光はスペイシャル・フィルタによりノイズを除去され、コリメータ・レンズで平行光にされてマスク全面に照射され、マスクを透過した物体光がホログラムに入射する。また参照光は、スペイシャル・フィルタによりノイズを除去され、コリメータ・レンズで平行光にされて、ホログラムを支持するプリズムに入射し、更にホログラムに入射する。また全反射ホログラフィに記録された 2 次元画像は、以下の方法で再生されていた。レーザ光源から出射した再生光は、スペイシャル・フィルタによりノイズを除去され、コリメータ・レンズで平行光になり、プリズムを介してホログラムに入射していた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 従来の方では、レーザ光の強度分布が本質的にガウス分布をしていることから、マスク照射光、参照光ともに半径方向に減衰する分布を持ち、すなわち光束の強度ムラが避けられなかった。このため、ホログラムに記録される干渉縞のコントラストが場所により異なり、均一な回折効率を得ることが出来なかった。さらには、再生光もまた強度ムラを持っているため、再生像は更に複雑な強度ムラを持っていた。

【0004】 再生光の強度ムラを防ぐ方法としては、ホログラムに記録された画像の一部分に再生ビームを照射して該一部分の画像の部分再生像をウエハ上のレジストに転写し、ホログラムに記録された画像をカバーするように再生ビームを走査することによって、ホログラムに記録された画像の再生像をウエハ上のレジストに転写するホログラフィ再生方法が知られている（特開平 2-5510）。この方法は、再生光の強度分布を場所によらず均一にしようとするものであり、したがって全走査にわたって再生ビームの強度は一定であり、また再生ビームの走査速度も一定であった。こうしてこの方法によれば、再生光の強度分布は均一になるが、再生像の強度分布は均一にはならない。何故ならば、既に記録されている干渉縞の回折効率が均一ではないからである。

【0005】 再生像の強度分布が一様でないと、次の問題を生じる。すなわち再生像をレジストに記録する場合、微細なパターンではレジスト露光量の違いがパターンの線幅の違いになって表れる。従って、再生像が強度ムラを持つ場合、レジスト像としては線幅が不均一な像になってしまうという重大な問題点が生じる。したがって本発明は、再生像の強度分布を調整することができるホログラフィ再生方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明は、ホログラムに

記録された干渉縞の回折効率の場所による不均一があっても、再生像の強度分布が所望の分布となるように、再生光を変調することによって上記目的を達成したものである。すなわち本発明は、ホログラムに記録された画像の一部分に再生ビームを照射して該一部分の画像の部分再生像をウエハ上のレジストに転写し、ホログラムに記録された画像をカバーするように再生ビームを走査することによって、ホログラムに記録された画像の再生像をウエハ上のレジストに転写するホログラフィ再生方法に*

$$\text{物体光振幅: } A(x, y) = a(x, y) \cdot \exp \{ i \phi_a(x, y) \} \cdots (1)$$

$$\text{参照光振幅: } B(x, y) = b(x, y) \cdot \exp \{ i \phi_b(x, y) \} \cdots (2)$$

とすると、干渉縞強度分布 I は、

$$\begin{aligned} I(x, y) &= |A(x, y) + B(x, y)|^2 \\ &= a(x, y)^2 + b(x, y)^2 \\ &\quad + 2a(x, y)b(x, y) \cdot \cos \{ \phi_a(x, y) - \phi_b(x, y) \} \cdots (3) \end{aligned}$$

となり、干渉縞コントラスト V は、

$$V(x, y) = 2a(x, y)b(x, y) / \{ a(x, y)^2 + b(x, y)^2 \} \cdots (4)$$

となる。したがって物体光や参照光に強度むらがあると、記録される干渉縞の強度にもむらが生じることがわかる。

【0008】Kogelnikの解析によれば、位相型ポリウムホログラムの回折効率 η は、記録された干渉縞の屈折率変調量 Δn によって決まる。この Δn は、ホログラム内に生じた干渉縞のコントラスト V に対応する量であるから、回折効率 η は干渉縞コントラスト V の関数として、

$$\eta(x, y) = f \{ V(x, y) \} \cdots (5)$$

で表される。したがって物体光や参照光に強度むらがあると、干渉縞のコントラスト V が非一様となり、この結果ホログラムの回折効率 η も非一様となる。更にこの干渉縞の全体を、強度 C の光で時間 T の間一括して再生した場合、再生像の積算強度分布 P は、

$$P(x, y) = C \cdot T \cdot \eta(x, y) \cdots (6)$$

となる。したがって物体光や参照光に強度むらがあると、たとえ再生光の強度 C や再生時間 T が一様であっても、再生像の積算強度分布 P は非一様となる。

【0009】一括再生の場合には、再生時間 T に分布を持たせることは不可能である。これに対して再生光の強度 C は元来ガウス分布を持っているが、更に、

$$C = C(x, y) \cdots (7)$$

と所望の分布を持たせることが、一応は可能である。すなわち、

$$C(x, y) = k / \eta(x, y) \cdots (8)$$

となる強度分布 C を持つ再生光を照射すれば、再生像の積算強度分布 P は、

$$P(x, y) = C(x, y) \cdot T \cdot \eta(x, y) = k \cdot T \cdots (9)$$

となり、一様な強度の積算再生像が得られることになる。しかし、この様な強度分布 C (x, y) を持つ再生光を作るのは、実際には難しい。例えば干渉縞のコントラスト V (x, y) が常に一定の分布であるならば、透過率分布

*において、再生ビームの強度を、走査する場所に応じて変調し、あるいは再生ビームの走査の速度を、走査する場所に応じて変調したことを特徴とするホログラフィ再生方法である。

【0007】

【作用】いま、簡単のため物体光と参照光が共に平行光である場合について説明する。ホログラム上の座標を (x, y) とし、

を持つフィルターを作って再生光光学系に入れる方法も考えられる。しかし V (x, y) は記録する物体によって変化するもので、ホログラムごとに異なる透過率フィルターを製作すべきこととなって現実的でない。また液晶素子などを用いて、リアルタイムで再生光の強度分布 C (x, y) を作り出す方法も考えられるが、液晶では画素ピッチによる回折光の発生が避けられないという問題がある。

【0010】しかるに本発明では、細い再生ビームによって部分再生を行いつつ、再生ビームを走査させて全体の再生を行っている。したがって再生ビームの中心座標 (x_B, y_B) は時間 t の関数

$$x_B = x_B(t), y_B = y_B(t) \cdots (10)$$

となっている。そこで再生ビームの強度 c を走査時間にわたって一定とせずに、走査に合わせて、

$$c = c \{ x_B(t), y_B(t) \} \cdots (11)$$

と変調することが可能となる。こうして再生ビームの強度 c を場所 (x_B, y_B) に応じて変調することにより、再生ビームの強度 c の積算強度すなわち再生光の強度 C に、任意の分布、例えば (8) 式の分布を持たせることができる。また再生時間 T に任意の分布を持たせることも可能となる。すなわち再生ビームの走査速度 v を走査時間にわたって一定とせずに、走査に合わせて、

$$v = v \{ x_B(t), y_B(t) \} \cdots (12)$$

と変調することが可能となる。こうして再生ビームの走査速度 v を場所 (x_B, y_B) に応じて変調することにより、一定強度 c の再生ビームによる積算再生時間 T に、任意の分布を持たせることができる。例えば再生時間 T に、

$$T(x, y) = k / \eta(x, y) \cdots (13)$$

の分布を与えれば、再生像の積算強度分布 P は、

$$P(x, y) = c \cdot T(x, y) \cdot \eta(x, y) = c \cdot k \cdots (14)$$

となり、一様な強度の積算再生像が得られることになる。

【0011】

【実施例】本発明を図面によって説明する。図1は本発明によるホログラム再生方法の一実施例を適用する再生装置の一例を示す。2次元画像を記録、定着した全反射ホログラム1がプリズム2上に配置されており、ホログラム1に対向してウエハ3が配置されている。ウエハ3の下面にはレジストが塗布されている。レーザー光源（図示せず）によって発生した再生ビーム4は、変調素子5を介して、レンズ6aとピンホール6bとからなるスペイシャルフィルター6を透過し、更にコリメータレンズ7によって平行光に変換されている。本実施例の変調素子5は、透過率可変フィルターによって形成されている。平行光に変換された再生ビーム4は、プリズム2に入射した後、プリズム2上に配置したホログラム1に入射している。ホログラム1に入射した再生ビーム4の一部は、ホログラム1の表面において全反射して再度プリズム2内に戻るが、再生ビーム4の他の部分は、ホログラム1に記録された干渉縞によって回折して再生像8を形成し、その再生像8の位置にレジストが配置されている。

【0012】変調素子5、スペイシャルフィルター6及びコリメータレンズ7は、一体として光軸と交差する x_s - y 平面方向に走査できるように構成されている。すなわちホログラム1での再生ビーム4のビーム径は、ホログラム1に記録された画像の一部分のみを照射する光径を有するが、再生ビーム4を x_s 、 y 方向に走査することによって、ホログラム1に記録された干渉縞の全体をカバーできるように構成されている。

【0013】しかして本実施例による再生方法では、次のようにして2次元画像の再生を行っている。先ずレーザー光源の強度をスキャン期間中一定に保ち、変調素子5、すなわち透過率可変フィルターの透過率も一定に保ち、再生ビーム4のスキャン速度 $v(x_B, y_B)$ も一定に保ってテスト露光を行い、ウエハ3に再生像を再生する。次いでウエハ3に再生された再生像の強度分布 $P_T(x, y)$ を測定する。こうして得たテスト露光での再生像の強度分布 $P_T(x, y)$ とは、再生光の強度分布 C が場所 (x, y) によらず実質的に一様となっており、再生時間 T も場所 (x, y) によらず実質的に一様となっているから、ホログラム1の回折効率分布 $\eta(x, y)$ に比例することになる。こうしてテスト露光によって、ホログラム1の回折効率分布 $\eta(x, y)$ を先ず求める。しかる後、以降の実露光では、透過率可変フィルターの透過率が、 $P_T(x, y)$ に反比例するように、すなわち回折効率 $\eta(x, y)$ に反比例するように操作して、再生を行う。例えば強度分布 $P_0(x, y)$ が平均値の2倍となっている場所 (x, y) を、再生ビームの中心座標 (x_B, y_B) が通過するときには、フィルターの透過率を平均値の半分に落とす。このような再生方法を行うことにより、実露光での再生像の強度分布 $P(x, y)$ を、場所 (x, y) によらずに一様とすることができ、均一な再生像を再生することができる。

【0014】次に上記実施例に関するいくつかの別の態様について説明する。先ず再生像の強度分布 $P(x, y)$ の変調手法について述べる。上記実施例では再生ビーム4の積算強度 C を変調するために、変調素子5として透過率可変フィルターを用いたが、変調素子5として音響光学素子を用いることもでき、あるいは変調素子5を用いずに、レーザー光源の強度を直接変調することもできる。また再生ビーム4のスキャン速度 $v(x_B, y_B)$ を変調することもできる。これは、例えばテスト露光での強度分布 $P_T(x, y)$ が平均値の2倍となっている場所 (x, y) を、再生ビームの中心座標 (x_B, y_B) が通過するときには、再生ビーム4のスキャン速度 v を平均値の2倍にすることになる。スキャン速度 v を変調する方法では、光源から出射したエネルギーがすべてホログラム1に到達するため、エネルギーのロスがない。なお、再生ビーム4はホログラム1で全反射するように入射するから、ホログラム上での座標 (x, y) とスキャン座標 (x_s, y) とは同一ではない。

【0015】次に再生像にとって必要な強度分布 $P(x, y)$ について述べる。上記実施例では、実露光での再生像の強度分布 $P(x, y)$ を、場所 (x, y) によらずに一様としたが、これを次のように変化させることもできる。すなわちレジストの最適露光量は、パターンの線幅によって異なる。そこで再生像の線幅の分布に基づいて、再生像にとって最も好ましい強度分布 $P_M(x, y)$ を予め定める。しかる後、場所 (x, y) ごとに $P_M(x, y) / P_T(x, y)$ を求め、この値に比例するように再生ビーム4の強度 $c(x_B, y_B)$ を変調し、あるいはこの値に反比例するように再生ビーム4のスキャン速度 $v(x_B, y_B)$ を変調する。このような再生方法を行うことにより、実露光での再生像の強度分布 $P(x, y)$ を、再生像にとって最も好ましい強度分布 $P_M(x, y)$ に一致させることができる。また、再生像にとって最も好ましい強度分布 $P_M(x, y)$ を予め定めるのが困難なときには、何回かのテスト露光を繰り返すことによって、露光不足あるいは露光過剰を修正することもできる。

【0016】次にテスト露光の対象について述べる。上記実施例では、ホログラム1への記録については特段の工夫を凝らさずに、2次元画像の再生像のテスト露光に基づいて、回折効率 $\eta(x, y)$ を求めていたが、ホログラム1に予め再生強度測定用の較正パターンを記録しておくこともできる。すなわちホログラム1の回折効率 $\eta(x, y)$ が場所 (x, y) によって異なる理由は、物体光と参照光の強度 $A(x, y)$ 、 $B(x, y)$ が場所 (x, y) によって異なることに起因している。したがって回折効率 $\eta(x, y)$ の分布は微細には変化しないものであるから、いくつかの代表的な場所 (x, y) での回折効率 η を知れば、全体の分布 $\eta(x, y)$ を容易に知ることができる。

【0017】そこで次の方法を用いることができる。すなわちホログラム1に、再生しようとする2次元画像の

ほかに、再生強度測定用の較正パターンを予め記録しておく。較正パターンは、例えば数箇所記録しておけば足りる。しかしてテスト露光を行った後に、較正パターンの再生像の強度分布に基づいて強度分布 $P_T(x, y)$ を測定し、この分布に基づいて再生ビームの強度 $c(x_B, y_B)$ を変調し、あるいは再生ビームの走査速度 $v(x_B, y_B)$ を変調する。なお $P_T(x, y)$ の測定には、本来の 2 次元画像の再生像の強度を測定する方が正確ではあるが、回折効率 $\eta(x, y)$ の分布は緩やかに変化するものであるから、較正パターンを利用しても問題はない。また、本来の 2 次元画像の再生像が微小なパターンであるために、その強度を測定するのが困難な場合には、較正パターンを用いることが必要になる。

【0018】他方、再生しようとする 2 次元画像のほか、較正パターンを予めホログラム 1 に記録しておく方法では、実露光のときには較正パターンが再生されないようにスキャンする必要がある。そこで次のような方法を用いることもできる。2 枚の同一のホログラムを用意し、一方のホログラムには 2 次元画像のみを記録し、この記録と同一の条件のもとに、他方のホログラムに較正パターンのみを記録しておく。テスト露光では較正パターンを記録したホログラムを再生し、この再生像に基づいて強度分布 $P_T(x, y)$ 、すなわち回折効率分布 $\eta(x, y)$ を測定する。この方法によれば、実露光において、較正パターンが再生されないようにスキャンをする必要がなくなる。

【0019】次にテスト露光の省略について述べる。上記実施例では、回折効率分布 $\eta(x, y)$ の測定のためにテスト露光を行っていた。そこでホログラム記録時に、参照光と物体光の強度分布を測定しておき、これらの分布から回折効率分布 $\eta(x, y)$ を、理論計算によって求めることができ、これによればテスト露光を省略することができる。

【0020】またテスト露光と実露光とを時間的に前後させずに、回折効率分布 $\eta(x, y)$ の測定と同時に、リアルタイムで変調をかけて実露光を行うこともできる。この場合の再生装置の一例を図 2 に示す。ガラスウエハ 10 の上方にはガラスウエハ 10 を透過した回折光を結像する回折光結像光学系 11 が配置されており、その結像位置に、回折光強度測定光学系 12 が配置されている。回折光強度測定光学系 12 の出力は、変調素子 5 か、レーザー光源の出力調整装置か、あるいは再生ビーム走査速度の調整装置にフィードバックされる。この構成により、回折光の強度分布、すなわち再生像の強度分布 $P(x, y)$ の測定と同時に、実露光を行うことができる。但しこの構成においても、まずテストスキャンを行って回折光強度測定光学系 12 によって再生像の強度分布 $P_T(x, y)$ を測定し、しかる後に実露光を行うこともできる。

【0021】なお、ウエハ 10 がシリコンウエハのとき

には、透過光を観測することができない。したがって反射光に基づいて再生像の強度分布 $P(x, y)$ を測定し、これと同時に実露光を行うか、あるいはシリコンウエハを除去した状態でテストスキャンを行って再生像の強度分布 $P(x, y)$ を測定し、しかる後に実露光を行うこととなる。

【0022】また、再生像の強度分布 $P(x, y)$ の測定と同時に実露光を行うときでも、再生像の強度分布 $P(x, y)$ の測定を、実際の 2 次元画像を対象とせず、予め記録した回折効率測定用パターンを対象とすることができる。この場合、回折光強度測定光学系 12 では回折効率測定用パターンの再生像の強度を測定するが、レジストにはこのパターンを除いた 2 次元画像が露光される必要がある。したがって回折効率測定用パターンは、レジストに感度の低い波長で記録しておくか、あるいは回折効率測定パターンが虚像再生される様に記録しておく必要がある。

【0023】以上のように、本実施例では再生ビーム 6 の強度 c を、走査する場所 (x_B, y_B) に応じて変調し、あるいは再生ビーム 6 の走査の速度 v を、走査する場所 (x_B, y_B) に応じて変調しているから、再生像の場所による積算強度分布 $P(x, y)$ を調整することができ、したがって例えば再生像の積算強度分布 P を、場所 (x, y) によらずに様な分布とすることができる。

【0024】なおスキャン再生の利点は、以上のように再生像の積算強度の変調だけではない。再生ビームのホログラムへの入射角を変化させると再生像の位置が横ズレすることを利用して、スキャンに同期して角度を変化させることで像の倍率を変化させることができる。また、ホログラム記録に用いたマスクの歪を補正することもできる。また、ホログラムの回折効率は再生光の入射角の影響を受けるので、倍率変化と同時に強度変調も行うことが可能である。

【0025】

【発明の効果】本発明によれば、ホログラムへの記録時に露光むらがある場合でも、均一な強度の再生像を得ることが可能となり、更には所望の強度分布の再生像を得ることが可能となり、この結果、理想的な線幅のレジスト像を得る事が出来る。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明方法の一実施例に用いる再生装置の要部概略図

【図 2】別の実施例に用いる再生装置の要部概略図

【符号の説明】

- | | |
|------------|---------------|
| 1…全反射ホログラム | 2…プリズム |
| 3…ウエハ | 4…再生ビーム |
| 5…変調素子 | 6…スペイシャルフィルター |
| 6a…レンズ | 6b…ピンホール |
| 7…コリメータレンズ | 8…再生像 |

10…ガラスウエハ
光学系

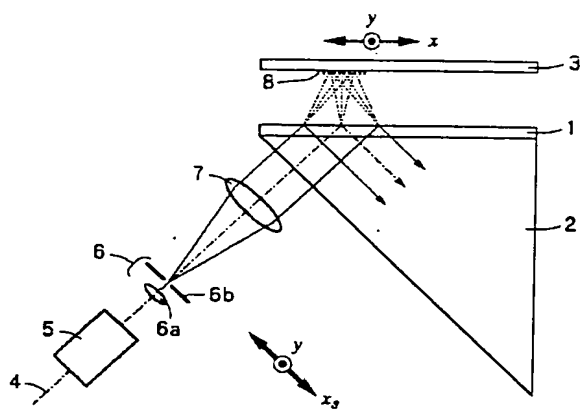
9

11…回折光結像光

12…回折光強度測定光学系

10

【図1】



【図2】

